



(19)

(11) Publication number:

61131491 A

Generated Document

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 59252692

(51) Intl. Cl.: H01L 33/00 H01L 27/14 H01L 27/15 H01L  
31/10 H01S 3/18

(22) Application date: 29.11.84

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: 19.06.86(84) Designated  
contracting states:

(71) Applicant: OKI ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: ARAI MICHIIKO

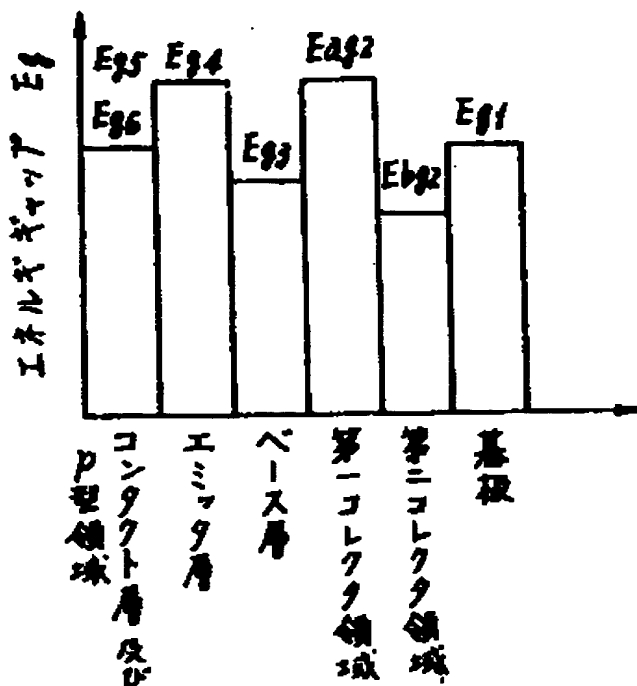
(74) Representative:

## (54) BIPOLAR TRANSISTOR

## (57) Abstract:

PURPOSE: To much effectively perform a light coupling as compared with the conventional one by forming a structure that the compositions of the second collector region of a collector layer and a base layer are altered to form the energy gap of the second collector region smaller than that of the base layer.

CONSTITUTION: A collector layer 2 is formed of collector regions 2a, 2b, and the composition of a crystal is set to become the relationships of  $E_{g4} > E_{g3} < E_{g2}$  and  $E_{g3} > E_{bg2}$  in the magnitude relationship between the energy gaps  $E_{g2}$  and  $E_{g4}$  among collector layer 2(2a, 2b), a base layer 3 and an emitter layer 4. In case of  $E_{g4} > E_{g3}$ , the improvements in the current injection efficiency by wide gap emitter and light input/output efficiency of upper emitter layer 4 side are performed.  $E_{g3} < E_{g2}$  is satisfied to enhance the emitting intensity. Further, since  $E_{g4} > E_{g3} < E_{g2}$  is satisfied, a laser operation can be executed. Since  $E_{g3} > E_{bg2}$  is satisfied, there is high sensitivity photoreceiving wavelength band from the wavelength of emitting light to longer wavelength for the external incident light.



COPYRIGHT: (C)1986,JPO&amp;Japio

IDS p.14 item 6

no graded l.

PAT-NO: JP361131491A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 61131491 A

TITLE: BIPOLAR TRANSISTOR

PUBN-DATE: June 19, 1986

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ARAI, MICHIIHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

OKI ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP59252692

APPL-DATE: November 29, 1984

INT-CL (IPC): H01L033/00, H01L027/14 , H01L027/15 , H01L031/10 , H01S003/18

US-CL-CURRENT: 257/E33.044

ABSTRACT:

PURPOSE: To much effectively perform a light coupling as compared with the conventional one by forming a structure that the compositions of the second collector region of a collector layer and a base layer are altered to form the energy gap of the second collector region smaller than that of the base layer.

CONSTITUTION: A collector layer 2 is formed of collector regions 2a, 2b, and the composition of a crystal is set to become the relationships of  $E_{g4} > E_{g3} > E_{g2}$  and  $E_{g3} > E_{b2}$  in the

magnitude relationship between the energy gaps  $E_{g2}$  and  $E_{g4}$  among collector layer 2(2a, 2b), a base layer 3 and an emitter layer 4. In case of  $E_{g4} > E_{g3}$ , the improvements in the current injection efficiency by wide gap emitter and light input/output efficiency of upper emitter layer 4 side are performed.  $E_{g3} < E_{g2}$  is satisfied to enhance the emitting intensity. Further, since  $E_{g4} > E_{g3} < E_{g2}$  is satisfied, a laser operation can be executed. Since  $E_{g3} > E_{g2}$  is satisfied, there is high sensitivity photoreceiving wavelength band from the wavelength of emitting light to longer wavelength for the external incident light.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-131491

⑤ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)6月19日

H 01 L 33/00

27/14

27/15

31/10

H 01 S 3/18

6819-5F

7525-5F

6819-5F

6819-5F

7377-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 バイポーラトランジスタ

⑮ 特 願 昭59-252692

⑯ 出 願 昭59(1984)11月29日

⑰ 発 明 者 新 井 亨 彦

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

⑱ 出 願 人 沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

⑲ 代 理 人 弁理士 大 垣 孝

## 明 細 書

1. 発明の名称 バイポーラトランジスタ

2. 特許請求の範囲

1. 基板上にコレクタ層、ベース層及びエミッタ層を具える、化合物半導体を用いたバイポーラトランジスタにおいて、前記コレクタ層をベース層側の第一コレクタ領域と該第一コレクタ領域に隣接する第二コレクタ領域とで形成し、該第一コレクタ領域のエネルギーギャップを前記ベース層のエネルギーギャップより大きくしかつ前記第二コレクタ領域のエネルギーギャップを前記ベース層のエネルギーギャップよりも小さくしてなることを特徴とするバイポーラトランジスタ。

2. 基板のエネルギーギャップを第二コレクタ領域のエネルギーギャップよりも大きくしてなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のバイポーラトランジスタ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明はバイポーラトランジスタ、特に一側

のトランジスタで発光、受光及び電流増幅の各機能を具えた、化合物半導体を用いたバイポーラトランジスタに関する。

(従来技術)

従来、この種の化合物半導体を用いたバイポーラトランジスタとして、本出願人に係る特開昭57-98568号及び同57-97885号において提案されたものがある。この従来提案されたバイポーラ型発光受光トランジスタの構造の一例を第4図に概略的に示す。この従来のトランジスタはn型半導体基板1上にn型コレクタ層2、p型ベース層3、n型エミッタ層4及びn型コンタクト層5をそれぞれ半導体結晶層として積層して成るnpn型トランジスタである。このコンタクト層5の一部分をエッチング除去して光の入射及び出射の邪魔とならない部分をコンタクト層5として残存させ、この残存させたコンタクト層5、エミッタ層4及びベース層3に、例えばp型不純物拡散を行って、これら各層5、4及び3の一部分をp型に反転することにより、p型領域6、7及び8を

それぞれ形成した構造となっている。9は光の入射及び出射の邪魔とならない基板の下面部分に設けたオーム性コレクタ電極、10はコンタクト層5上に設けたオーム性エミッタ電極及び11はp型領域8上に設けたオーム性ベース電極である。

このような構造の従来のトランジスタの各層のエネルギーギャップ（禁制帯幅）の大きさの関係を第5図に示す。第5図において、横軸に層の厚さをコンタクト層5側から取って示し、縦軸にエネルギーギャップの相対的な大きさを取って示してある。この図からも明らかなように、基板1、コレクタ層2、ベース層3、コンタクト層4及びp型領域8のそれぞれのエネルギーギャップ $E_{g1}$ 、 $E_{g2}$ 、 $E_{g3}$ 、 $E_{g4}$ 、 $E_{g6}$ は同一又はほぼ同一の大きさであるが、エミッタ層4のエネルギーギャップ $E_{g4}$ はこれら他の層1、2、3、5、6のそれよりも大きく設定し、それにより電流増幅率の増大を図っていた。

（発明が解決しようとする問題点）

しかしながら、このようにエミッタ層4のエネ

るようにした構造のバイポーラトランジスタを提供することにある。

（問題点を解決するための手段）

この発明の目的の達成を図るため、この発明によれば、基板上にコレクタ層2、ベース層3及びエミッタ層4を具える、化合物半導体を用いたバイポーラトランジスタにおいて、このコレクタ層2をベース層3側の第一コレクタ領域2aとこの第一コレクタ領域2aに隣接する第二コレクタ領域2bとで形成し、この第一コレクタ領域2aのエネルギーギャップ $E_{g2}$ を前述のベース層3のエネルギーギャップ $E_{g3}$ より大きくしかつ前述の第二コレクタ領域2bのエネルギーギャップ $E_{b2}$ を前述のベース層3のエネルギーギャップ $E_{g3}$ よりも小さくしてなることを特徴とする。

さらにこの発明の実施に当っては、基板1のエネルギーギャップ $E_{g1}$ を第二コレクタ領域2bのエネルギーギャップ $E_{b2}$ よりも大きくしておくことが好適である。

ルギーギャップ $E_{g4}$ を他の層のそれよりも大きくすると、増幅率の改善を図ることが出来るが、発光波長と高感度の受光波長領域との整合性が悪くなるという欠点があった。第8図はこのような従来のトランジスタの波長（横軸）と発光強度及び受光感度（縦軸）との関係を示した特性曲線図であり、図中曲線Aは受光感度の高い領域のスペクトルを示し、曲線Bは発光強度のスペクトルを示している。この図からも明らかなように、受光感度の高い波長領域と、発光波長領域とがずれているので、この種の同一のトランジスタを複数個用いてこれらトランジスタ間で光の授受を行わせようとすると、上述したように波長の整合性が悪く、そのためにトランジスタ間での光の結合を良好に行わせることが極めて困難であった。

この発明の目的は、上述した従来のバイポーラトランジスタが有する欠点を除去し、一個のトランジスタで発光、受光及び電流増幅の各機能を有すると共に、発光波長と受光感度波長との整合が取れしかも発光強度が増加しかつ増幅率が大き

（作用）

このように、 $E_{g3} < E_{g2}$ と設定すると、トランジスタ作用がなくダイオード動作を行った場合に、電子がエミッタ層4又はコレクタ層2からベース層3に注入された時、これら注入電子及び正孔をベース領域3内に閉じ込めてこのベース層3から抜け出さないようにすることが出来る。これがため、強力な、特に横方向の発光やレーザ発振を行わせることが出来、従って、横方向光結合の特性が向上する。

さらに $E_{b2} < E_{g3}$ となるように構成してあるので、このトランジスタの高感度受光波長領域はほぼ $\lambda_s (= K/E_{g3}) < \lambda_{b2} (= K/E_{b2})$ （但し、Kは定数で、約1240nm/eV）となり、発光波長 $\lambda_s$ をコレクタ層2での吸収波長帯の長波長端 $\lambda_{b2}$ よりも小さく出来、従って、発光と受光の波長の整合性の良い特性が得られる。

また、 $E_{g1} > E_{b2}$ とすることにより、基板側から光が入射した場合に、より効率の良い受光特性が得られると共に、エミッタ側又は横方向から

光を効率良く出射出来るので、一方向性の発光受光トランジスタを得ることが出来る。

(実施例)

以下、図面を参照してこの発明のバイポーラトランジスタの一実施例につき説明する。

この実施例でのトランジスタの層構造を第2図に概略的に示す。この図において、第4図に示した構成成分と同一の構成成分については同一の符号を付して示す。この発明のトランジスタの場合には、コレクタ層2を二層の第一及び第二コレクタ領域2a及び2bで形成していると共に、基板1、コレクタ層2(2a, 2b)、ベース層3、エミッタ層4、コンタクト層5及び6のエネルギーギャップの大きさの關係が従来と相違する。この場合にも、前述と同様に、コレクタ層2及びエミッタ層4をn型とし、ベース層3をp型とした例につき説明するが、導電型を反転した構造としても良いし、また、コレクタ層2とエミッタ層4とを入れ換え基板1をエミッタ層4のためのコンタクト層として作用させしかもコンタクト層5を除去した

このようなトランジスタ構造において、各層の1、2(2a, 2b)、3、4、5及び6の電子エネルギーギャップ $E_{g1} \sim E_{g6}$ の大きさの關係を第1図に示し、これにつき説明する。

この発明で本質的に最も重要なエネルギーギャップの關係は、コレクタ層2(2a, 2b)、ベース層3及びエミッタ層4の間のエネルギーギャップ $E_{g2} \sim E_{g4}$ 間の大小關係である。第1図に示すように、この発明においては $E_{g4} > E_{g3} < E_{g2}$ 及び $E_{g3} > E_{b2}$ の關係となるように結晶の組成を設定している。

$E_{g4} > E_{g3}$ の場合には、一般に良く知られているように、ワイドギャップエミッタによる電流注入効率の向上と、上部のエミッタ層4側での光の入出力効率の向上を図ることが出来る。ワイドギャップのn型エミッタ層4から注入された電子はp型ベース層3に注入されてその一部分が正孔と再結合して発光するので、このトランジスタの主な発光層はベース層3となる。又、正孔による逆注入によってエミッタ層4においても発光する

構造としても良い。

この構造において、n型半導体結晶基板1は一般にはn型層2a、2b、3、4、及び5と結晶学的及び電氣的に適合する類似の性質を有する材料で形成し、例えば、コレクタ層2をn型GaAsとする場合には、基板1をn型GaAs或いはn型Si、n型Geであっても良い。また、このコレクタ層2は電極9との接続を兼ているので電気伝導率の高いものが良く、高周波特性の点からも望ましい。また、これらの各層2a、2b、3、4及び5もまた半導体結晶である。そして、このトランジスタ構造で最も重要な活性層はコレクタ層2(2a, 2b)、ベース層3及びエミッタ層4である。

このトランジスタの各層を発光効率の良い化合物半導体で形成すると、このトランジスタは受光トランジスタとしてはもとより発光トランジスタとしても動作し得る。そして、光の入射及び出射は上部、下部或いは横方向からも可能であり、それらの入出力光を図中12、13及び14でそれぞれ示してある。

場合がある。

$E_{g3} < E_{g2}$ とすることによって、特にコレクタ開放又はコレクタ負バイアスの状態の動作時には、すなわち、トランジスタ作用がなくダイオード動作を行わせている場合には、一旦電子がエミッタ層4又はコレクタ層2からベース層3内に注入された後は、これら注入電子及び正孔をこのベース層3内に閉じ込めてベース層3から抜け出ないようにすることが出来る。従って、発光強度を高めることが出来る。

さらに、 $E_{g4} > E_{g3} < E_{g2}$ としているので、エミッタ層4及びコレクタ領域2aの屈折率がベース領域3の屈折率よりも小さい場合が多く、その場合には、上及び下の方向の光の放射12、13を抑制し、横方向の光の放射14を増加せしめるため、横方向光強度が増加し、レーザ動作を行わせることが可能となる。

一方 $E_{g3} > E_{b2}$ であるのでトランジスタの高感度受光波長帯域はほぼ $\lambda_4 (= K/E_{g4})$ 又は $\lambda_{a2} (= K/E_{g2}) < \lambda_3 (= K/E_{g3})$

$\lambda_{b2} (=K/E_{g2})$  (但し、 $K$ は定数で、約 $1240\text{nm/eV}$ )となる。従って、ベース層3での発光波長 $\lambda_g$ をコレクタ層2での吸収波長帯域の長波長端 $\lambda_{b2}$ よりも小さく出来る。よってこのトランジスタは上、下及び横方向からの外部入射光12、13、14に対して、出射光の波長よりも長い波長まで高感度受光波長帯域を有するという特性をもつことになる。このようなエネルギーギャップの関係を有するトランジスタの波長と、発光強度及び受光感度との関係を示すスペクトル特性を第3図に示す。

同図において、横軸に波長をプロットして示し、縦軸に発光強度及び受光感度をプロットして示し、曲線Cは受光スペクトル曲線であり、曲線Dは発光スペクトル曲線である。この第2図からも明らかなように、この発明のトランジスタの発光波長帯域は受光感度波長帯域内に入っているので、発光と受光との波長の整合が確実かつ良好に得られる。

側から光が入射した場合(13で示す)に、より効率の良い受光特性が得られる。従って、基板1の側から入射し、上側のエミッタ4側から(12で示す)又は横方向に(14で示す)光を有効に出射する一方向性の発光受光トランジスタを形成することが出来る。

尚、詳細な説明は省略するが、上述したような $E_{g3} > E_{b2}$ の関係となるようにベース層3と第二コレクタ領域2bのエネルギーギャップを設定した場合には、発光層であるベース層3で発光した光は第二コレクタ領域2bにおいてより有効的に吸収されベース-コレクタ間で有効な受光電流を生ずるので、一種の正帰還現象となり、従ってその場合には電流増幅率がより大きくなるという効果が得られる。

また、各層をその層内では均一組成でかつ均一なエネルギーギャップを有するように形成しても良いし、或いは、必ずしもその必要はなく、前述のエネルギーギャップの関係 $E_{g4} > E_{g3} < E_{b2}$ 及び $E_{g3} > E_{b2}$ を満足する範囲内で層内に不均

ところで、これら各層2(2a, 2b)、3及び4の上述したような関係を有するエネルギーギャップをもった半導体結晶は非常に多数の組み合わせが考えられる。例えば、材料としては $\text{AlGaAs}$ とか、 $\text{InGaAs}$ とか、 $\text{InP}$ とかその他の三元系半導体を用いることが出来る。さらに、例えば $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ の場合には $1 \geq$ エミッタ層4の $x \geq$ ベース層3の $x$  < 第一コレクタ領域2aの $x \geq 0$ 及び $1 \geq$ エミッタ層4の $x >$ 第一コレクタ領域2aの $x \geq 0$ の関係を満足するように組成関係を設定することが出来る。尚、この場合、発光効率の良いベース層3には液相成長法でp型不純物を導入するのが有益となる。

次に、基板1のエネルギーギャップ $E_{g1}$ につき説明する。この基板1のエネルギーギャップ $E_{g1}$ は先ず第一に $E_{b2} \geq E_{g1}$ となるように設定することが出来る。このようにすると、基板1は光の吸収層として作用する。

或いは又、 $E_{g1} > E_{b2}$ の関係となるように設定することも出来る。この場合には、下方の基板

一性があっても良い。このような不均一性を積極的に利用して層内のエネルギーギャップに勾配を付け、この勾配を利用してキャリアのドリフト効果や、光吸収効果や、或いは、界面準位の低下効果等を必要に応じ有効に活用することが出来る。

この発明は上述した実施例にのみ限定されるものではないことが明らかである。

例えば、コレクタ層2のエネルギーギャップがベース層3のエネルギーギャップよりも小さいという条件を満足するものであれば、化合物半導体材料はその種類を問わず用いることが出来ると共に、その組成も任意に設定することが出来る。

例えば、既に説明したように、このバイポーラトランジスタをpnp型のトランジスタとして構成することが出来るし、基板1上の積層順序をエミッタ層4、ベース層3、第二コレクタ領域2b及び第一コレクタ領域2aとしたような構造とすることも出来るし、各層の導電型を上述した実施例の場合とは反転させても良い。

さらに、例えばコンタクト層5を設けずにオー  
ム性電極10を直接エミッタ層4に接触させても良  
いし、さらに、一方の導電型例えばp型の領域  
6、7、8を設ける代りに、エミッタ層4にエッ  
チング等の手段により電極用穴又は溝を開けてオ  
ーム性電極11をベース層3の一部分と直接接触さ  
せるようにしても良い。

また、このバイポーラトランジスタを集積回路  
として構成することが出来ることも容易に推察出  
来る。例えば、基板1を絶縁性の基板とし、コレ  
クタ層2に対しては別途の方法で電極の取り出し  
を行うことも可能であるし、基板1の層の下側に  
さらに別個の絶縁性基板を設けてこの基板1の層  
をエピタキシャル成長法で成長させた構造として  
も良い。このようにすれば、同一基板上に多数個  
のバイポーラトランジスタを形成してモノリシッ  
ク発光受光集積回路を構成することが出来る。

また、この発明のトランジスタでは、エミッタ  
・ベース・コレクタ層がいわゆるダブルヘテロ構  
造となっているので、横方向に大電流動作を行わ

れ易く、従って、より強力な特に横方向の発光や  
レーザ発振を行わせることが可能となり、横方向  
光結合の特性が従来よりも著しく向上する。

また、基板のエネルギーギャップをコレク  
タ層のエネルギーギャップよりも大きくする場合  
には、一方向性の発光受光トランジスタが得られ  
る。

この発明のバイポーラトランジスタは発光及び  
受光の波長の整合性が良い特性を有ししかも発光  
強度が従来よりも著しく強いので、光素子単体と  
して光通信や、光制御装置に使用して好適である  
ばかりではなく、このバイポーラトランジスタを  
光集積回路にも適用して頗る好適である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明のバイポーラトランジスタの  
各層のエネルギーギャップの大きさの関係を示す  
線図、

第2図はこの初発のバイポーラトランジスタの  
構造を概略的に示す断面図、

第3図はこの発明のバイポーラトランジスタの

せることによってレーザ発振し易く、横方向結合  
をより強力に行わせることも可能である。

#### (発明の効果)

上述した説明からも明らかなように、この発明  
のバイポーラトランジスタによれば、コレクタ層  
の第二コレクタ領域とベース層の組成を変えて、  
第二コレクタ領域のエネルギーギャップをベース  
層のエネルギーギャップよりも小さくした構造と  
なっているので、ベース領域から発光した光の波  
長はコレクタ層の高感度受光波長帯域内に入る。  
これがため、発光波長と高感度受光波長域との整  
合を確実にかつ良好に取ることが出来、従って、  
これらトランジスタ間で光の授受を行わせる場合  
であっても、光結合を従来よりも遙に効果的に行  
うことが出来る。

コレクタ層の第一コレクタ領域とベース層の組  
成を変えて、第一コレクタ領域のエネルギー  
ギャップをベース層のエネルギーギャップよりも  
大きくした構造となっているので、このベース層  
内への注入電子及び正孔の閉じ込めが有効に行わ

発光及び受光スペクトルを示すスペクトル曲線  
図、

第4図は従来のバイポーラトランジスタの構造  
を説明するための断面図、

第5図は従来のバイポーラトランジスタの、第  
1図と同様な線図、

第6図は従来のバイポーラトランジスタの、第  
3図と同様なスペクトル曲線図である。

- 1... n型基板、 2... n型コレクタ層  
2a... 第一コレクタ領域、 2b... 第二コレクタ領域  
3... p型ベース層、 4... n型エミッタ層  
5... コンタクト層、 6、7、8... p型領域  
9... オーム性コレクタ電極  
10... オーム性エミッタ電極  
11... オーム性ベース電極  
12、13、14... 発光及び受光する光。

特許出願人

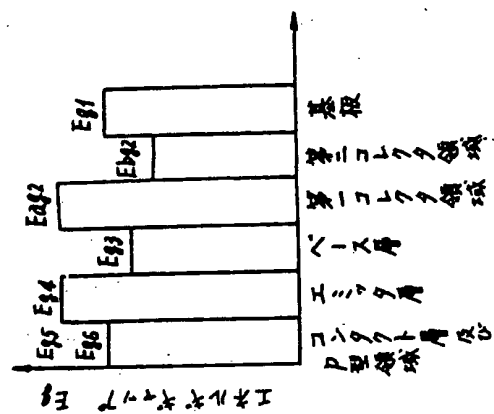
沖電気工業株式会社

代理人 弁理士

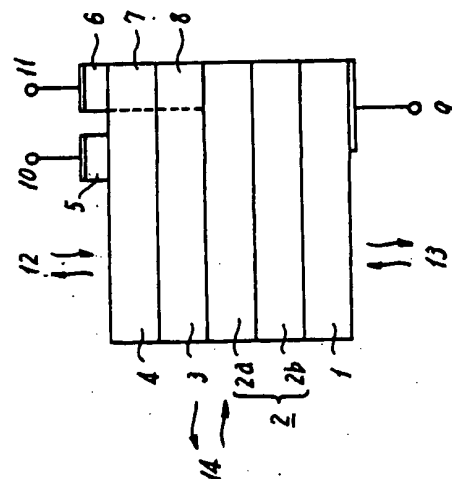
大 垣 孝



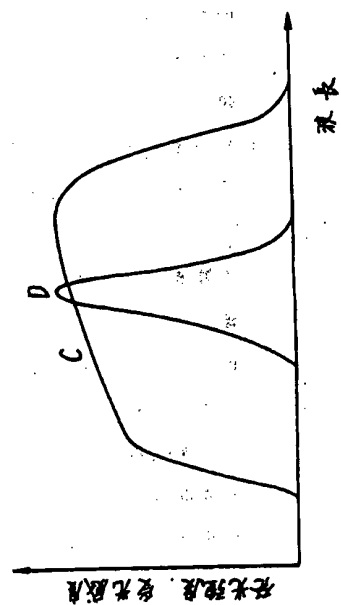
第1図



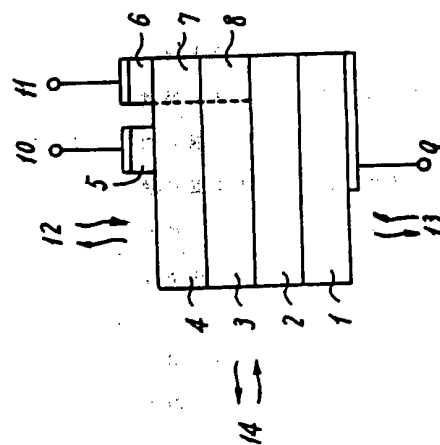
第2図



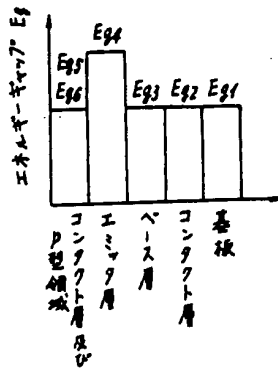
第3図



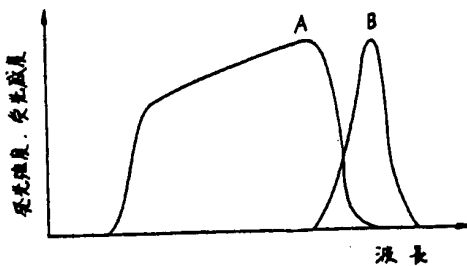
第4図



第5図



第6図



- (1). 明細書、第3頁第12行「コンタクト層4」を「コンタクト層5」と訂正すると共に、同頁第18行「E<sub>4</sub>」を「E<sub>g4</sub>」と訂正する。
- (2). 同、第4頁第1行「E<sub>4</sub>」を「E<sub>g4</sub>」と訂正する。
- (3). 同、第6頁第12行「波長領域は」を「波長領域の長波長端は」と訂正すると共に、同頁第14行「nm/eV」を「nm・eV」と訂正する。
- (4). 同、第10頁第18行「又は」を「および」と訂正する。
- (5). 同、第11頁第2行「nm/eV」を「nm・eV」と訂正すると共に、同頁第15行「第2図」を「第3図」と訂正する。
- (6). 同、第12頁第8～9行「エミッタ層4のx>第一コレクタ領域2aのx」を「ベース層3のx>第二コレクタ領域2bのx」と訂正する。
- (7). 同、第17頁第18行「初案」を「発明」と訂正する。
- (8). 図面の第5図を、添付した訂正図の通り訂正する。

## 手続補正書

昭和61年2月25日

特許庁長官 宇賀 道郎 殿

1 事件の表示 昭和59年特許願252882号

2 発明の名称

バイポーラトランジスタ

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 (〒105)

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

名称 (029) 沖電気工業株式会社

代表者 橋本 南海男

4 代理人 平170 西 (988)5583

住所 東京都豊島区東池袋1丁目20番地5

池袋ホワイトハウスビル805号

氏名 (8541) 弁理士 大垣 孝

5 補正命令の日付 自発

6 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄、図面の簡単な説明の欄及び図面

7 補正の内容 別紙の通り

第5図

